

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-326090

(43)Date of publication of application : 26.11.1999

(51)Int.Cl.

G01L 9/06

C03C 8/20

H01L 41/08

(21)Application number : 10-362990

(71)Applicant : DELCO ELECTRONICS CORP

(22)Date of filing : 21.12.1998

(72)Inventor : ELLIS MARION E

(30)Priority

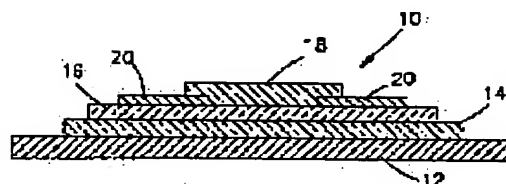
Priority number : 97 994113 Priority date : 19.12.1997 Priority country : US

## (54) THICK-FILM PIEZO-RESISTOR DETECTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high-voltage sensor using a thick-film strain detecting structure and compatible with a medium by suppressing the diffusion of a glass frit component between an electric insulating layer and a thick-film piezo-resistor, and improving the performance of the sensor.

SOLUTION: This thick-film piezo-resistor detecting structure 10 is provided with a substrate 12, at least one electric insulating layer 14 on the substrate 12, an interface layer 16 on the electric insulating layer 14, and a thick-film piezo-resistor 18 on the interface layer 16. The interface layer 16 has a composition containing granular alumina and granular zinc oxide finely split and suspended in a glass matrix, and the interface layer 16 separates the piezo-resistor 18 from the electric insulating layer 14 and suppresses the constituting component in the electric insulating layer 14 from diffusing in the piezo-resistor 18.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 21.12.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3010166

[Date of registration] 03.12.1999

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3010166号  
(P3010166)

(45) 発行日 平成12年2月14日 (2000. 2. 14)

(24) 登録日 平成11年12月3日 (1999. 12. 3)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

G 0 1 L 9/06

G 0 1 L 9/06

H 0 1 L 41/08

H 0 1 L 41/08

Z

請求項の数20(全 14 頁)

(21) 出願番号 特願平10-362990

(22) 出願日 平成10年12月21日 (1998. 12. 21)

(65) 公開番号 特開平11-326090

(43) 公開日 平成11年11月26日 (1999. 11. 26)

審査請求日 平成10年12月21日 (1998. 12. 21)

(31) 優先権主張番号 9 9 4 1 1 3

(32) 優先日 平成9年12月19日 (1997. 12. 19)

(33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 591007354

デルコ・エレクトロニクス・コーポレー  
ション

DELCO ELECTRONICS  
CORPORATION

アメリカ合衆国インディアナ州46902,  
ココモ, イースト・ファーミン・ストリ  
ート 700

(72) 発明者 マリオン・エドモンド・エリス

アメリカ合衆国インディアナ州46902,  
ココモ, ブラッドフォード・サークル  
483

(74) 代理人 100089705

弁理士 社本 一夫 (外5名)

審査官 堀田 裕司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 厚膜ピエゾ抵抗体検知構造

1

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板(12)と、該基板(12)上の少なくとも1つの電気絶縁層(14)と、該電気絶縁層(14)上のインターフェース層(16)と、該インターフェース層(16)上の厚膜ピエゾ抵抗体(18)とを備え、前記インターフェース層(16)は、細かく分割し、ガラスマトリックス中に懸濁させた粒子状アルミナと粒子状酸化亜鉛とを含む組成物を有し、前記インターフェース層(16)は前記ピエゾ抵抗体(18)を前記電気絶縁層(14)から分離しかつ前記電気絶縁層(14)中の構成成分が前記ピエゾ抵抗体(18)中に拡散するのを抑止することを特徴とする検知構造(10)。

【請求項2】 前記ガラスマトリックスは鉛-アルミナ-ホウケイ酸塩ガラスであることを特徴とする請求項1

2

に記載の検知構造。

【請求項3】 前記ガラスマトリックスは、酸化鉛と、アルミナと、酸化ホウ素と、シリカと、チタニア、酸化第二銅、一酸化マンガン及び酸化コバルトからなる群から選択される1種類以上の酸化物類と、を含むことを特徴とする請求項1に記載の検知構造。

【請求項4】 前記電気絶縁層(14)は金属酸化物類を含む組成物を有することを特徴とする請求項1~3のいずれか1項に記載の検知構造。

【請求項5】 前記基板(12)は鋼合金であることを特徴とする請求項1~4のいずれか1項に記載の検知構造。

【請求項6】 前記インターフェース層(16)は、重量%単位で、約15%~約35%のアルミナと、約3%~約6%の酸化亜鉛と、約34%~約53%のガラスフ

3

リット混合物とを含み、残余は有機媒体であるインク組成物から焼成されることを特徴とする請求項1～5のいずれか1項に記載の検知構造。

【請求項7】 前記ガラスフリット混合物は、重量%単位で、約5.0%～約7.4%の酸化鉛と、酸化ホウ素源として約1.0%～約2.5%のホウ酸と、約8%～約2.6%のシリカと、最高約1.2%までのアルミナと、最高約3%までのチタニアと、酸化第二銅、一酸化マンガン源として炭酸マンガ、酸化コバルト源として炭酸コバルトからなる群から選択される少なくとも1種類の最高8%までの材料とを含むことを特徴とする請求項6に記載の検知構造。

【請求項8】 前記ガラスフリット混合物はさらに、重量%単位で、約0.5%～約3.0%の酸化第二銅と、約0.5%～約4.0%の炭酸マンガと、約3.5%～約4%の炭酸コバルトと、を単独でまたは組み合わせることを特徴とする請求項7に記載の検知構造。

【請求項9】 前記ガラスフリット材料は2つのガラスフリット混合物の組み合わせから形成されることを特徴とする請求項1～6のいずれか1項に記載の検知構造。

【請求項10】 前記検知構造はゲージ率が少なくとも20であることを特徴とする請求項1～9のいずれか1項に記載の検知構造。

【請求項11】 圧力センサーの検知構造において：鋼合金ダイヤフラム(12)と；該ダイヤフラム(12)上の少なくとも1つの誘電体層(14)であって、該誘電体層(14)が金属酸化物類を含む組成物を有するものと；前記誘電体層(14)上でかつ接触するインターフェース誘電体層(16)であって、該インターフェース誘電体層(16)は、細かく分割し、かつ、酸化鉛、アルミナ、酸化ホウ素、及びシリカを含むガラスマトリックス中に懸濁させた粒子状アルミナと粒子状酸化亜鉛とを含むものと；前記インターフェース誘電体層(16)上にありかつ前記ダイヤフラム(12)の撓みを検知するための厚膜圧電抵抗体(18)とを備え；前記インターフェース誘電体層(16)は、前記圧電抵抗体(18)を前記誘電体層(14)から分離し、かつ、前記誘電体層(14)中の構成成分が前記圧電抵抗体(18)中に拡散するのを抑止すること；を特徴とする検知構造。

【請求項12】 前記インターフェース誘電体層(16)は、重量%単位で、約1.5%～約3.5%のアルミナと、約3%～約6%の酸化亜鉛と、約3.4%～約5.3%のガラスフリット混合物とを含み、残余は有機媒体であるインク組成物から焼成されることを特徴とする請求項11に記載の検知構造。

【請求項13】 前記インク組成物は、第1と第2と第3のガラスフリット混合物からなる群から選択される1種類以上のガラスフリット混合物を含み；前記第1のガラスフリット混合物は、重量%単位で、約5.3.3%の

4

酸化鉛と、酸化ホウ素源として約1.5.1%のホウ酸と、約1.9.4%のシリカと、約8.2%のアルミナと、約1.0%のチタニアと、約3.0%の酸化第二銅とを含み；前記第2のガラスフリット混合物は、重量%単位で、約5.3.3%の酸化鉛と、酸化ホウ素源として約1.5.1%のホウ酸と、約1.9.4%のシリカと、約8.2%のアルミナと、約1.0%のチタニアと、酸化コバルト源として約3.0%の炭酸コバルトとを含み；前記第3のガラスフリット混合物は、重量%単位で、約5.2.8%の酸化鉛と、酸化ホウ素源として約1.5.0%のホウ酸と、約1.9.2%のシリカと、約8.1%のアルミナと、約0.5%のチタニアと、約0.5%の酸化第二銅と、一酸化マンガン源として約4.0%の炭酸マンガとを含む；ことを特徴とする請求項11または12に記載の検知構造。

【請求項14】 前記インク組成物は、重量%単位で、約3.2.9%のアルミナと、約3.4%の酸化亜鉛と、約2.7.4%の有機媒体と、約3.6.3%の第1のガラスフリット混合物とを含むことを特徴とする請求項13に記載の検知構造。

【請求項15】 前記インク組成物は、重量%単位で、約3.1.0%のアルミナと、約4.0%の酸化亜鉛と、約2.7.0%の有機媒体と、約1.9.0%の第1のガラスフリット混合物と、約1.9.0%の第2のガラスフリット混合物とを含むことを特徴とする請求項13に記載の検知構造。

【請求項16】 前記インク組成物は、重量%単位で、約3.4.9%のアルミナと、約5.8%の酸化亜鉛と、約2.4.7%の有機媒体と、約1.7.3%の第1のガラスフリット混合物と、約1.7.3%の第2のガラスフリット混合物とを含むことを特徴とする請求項13に記載の検知構造。

【請求項17】 前記インク組成物は、重量%単位で、約3.0.0%のアルミナと、約5.0%の酸化亜鉛と、約2.7.0%の有機媒体と、約1.9.0%の第1のガラスフリット混合物と、約1.9.0%の第2のガラスフリット混合物とを含むことを特徴とする請求項13に記載の検知構造。

【請求項18】 前記インク組成物は、重量%単位で、約1.5.0%のアルミナと、約5.0%の酸化亜鉛と、約2.7.0%の有機媒体と、約2.6.5%の第1のガラスフリット混合物と、約2.6.5%の第2のガラスフリット混合物とを含むことを特徴とする請求項13に記載の検知構造。

【請求項19】 前記インク組成物は、重量%単位で、約3.0.0%のアルミナと、約5.0%の酸化亜鉛と、約2.7.0%の有機媒体と、約3.8.0%の第3のガラスフリット混合物とを含むことを特徴とする請求項13に記載の検知構造。

【請求項20】 前記検知構造はゲージ率が20を超え

10

20

30

40

50

ることを特徴とする請求項11～19のいずれか1項に記載の検知構造。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、厚膜ピエゾ抵抗性圧力センサーに関する。

【0002】

【従来の技術】コストがより低くかつサイズがより小さく、しかもなお、高い信頼性と、感度と、直線性とを特徴とする圧力センサーを開発しようという不断の努力がなされている。こうした特性を増進することに基づいて広く受け入れられているセンサーとしては、半導体材料を利用し、微細加工した検知ダイヤフラムを有するものが挙げられ、注目に値する例は、半導体製造方法を使用して製造された、微細加工した単結晶シリコン圧力変換器セルである。そのようなセルの加工においては、薄いダイヤフラムをシリコンウェーハ中に、選択的エッチングによって形成する。次に、イオン注入と拡散の技術を使用して、ドーピング元素をダイヤフラム中に押し込み、ピエゾ抵抗性要素を形成し、この要素の電気抵抗は歪みと共に変化する（この比を「ゲージ率」と呼ぶ）。結果として、ダイヤフラムの撓みはピエゾ抵抗性要素の抵抗値の変化を引き起こし、次にこれをダイヤフラムに加えられた圧力の大きさと相関させることができる。

【0003】単結晶シリコン圧力変換器セルのダイヤフラムは、典型的には小さく、幅が数ミリメートルを超えることはめったになく、かつ、非常に薄く、厚さは多くの場合100マイクロメートル未満である。標準的単結晶シリコンウェーハと標準的半導体装置製造方法との使用により、多くのそのようなセルを単一ウェーハから製造することが可能となり、多少の規模の経済性が得られている。しかしながら、シリコンは様々な媒体により化学的侵食及びエロージョンを受けやすく、特に、高圧媒体を検知対象とする用途、例えば、ブレーキ液、油、トランスミッション液、作動液、燃料及びステアリング液の圧力の検知を伴う自動車用途ではそうである。そのような用途の場合、圧力センサーはまた、物理的に堅牢で、かつ、検知される媒体の厳しい環境に耐えなければならない。その有利な動作特性を化学的に厳しい環境において実現するには、微細加工したシリコン圧力変換器セルは何らかの形態の保護を含む必要がある。媒体と両立する(media-compatible)高圧センサーを製造する現在の方法として挙げられるのは、シリコン検知チップをシリコン油またはゲルのような不活性流体中に封入し、次にさらに金属ダイヤフラムを用いて検知チップを検知対象の媒体から分離するもので、その結果圧力を、金属ダイヤフラムと流体とを通して検知チップに伝達しなければならない。シリコン圧力変換器セルの動作上の利益の幾つかを実現したものの、こうしたセンサーの製造方

法は、比較的費用がかかり、かつ複雑である。結果としてこうしたセンサーは、自動車用途のための大量生産されたセンサーとしては適切ではない。

【0004】従来技術において周知のように、代わりの取り組み方としては、厚膜ピエゾ抵抗体を歪み検知要素として使用する、セラミック容量形圧力センサーとセラミックダイヤフラムが挙げられる。しかしながら、こうしたものの各々は、一定の不利益を有し、それは例えば、キャパシタンス変化を検出するための複雑な回路、セラミック-セラミック間結合の要求、及び最大圧力能力が典型的には約1000psi(約7Mpa)を超えないことである。より高圧用には、金属ダイヤフラムが検知要素として使用されている。金属ダイヤフラムは一般に、所定の厚さと圧力との場合、セラミックダイヤフラムよりも撓むので、検知は金属ダイヤフラム上に堆積させた薄膜ポリシリコンまたは金属により実行される。ダイヤフラムは、まず、誘電体層でコートして、ダイヤフラムを薄膜抵抗体と導体とから電氣的に絶縁しなければならない。次に薄膜ポリシリコン層を堆積してピエゾ抵抗体を形成し、続いて薄膜メタライゼーションして、電氣的相互接続を設ける。従来のように、薄膜層を典型的には化学または物理蒸着のような方法により堆積する。こうした方法に必要な装置は高価であり、かつ、堆積速度は極めて遅い。薄膜層を堆積する場合、必要な薄膜フォトリソとメタライゼーションとに関して、多数のバターン形成、露光、現像、及び剥離ステップを必要とし、かつ、堆積は制御された環境で実行し、コート対象となる表面上に浮遊粒子が存在しないことを確実にしなければならない。加えて、そのような方法では通常、10、000オングストローム以下の薄膜を堆積するので、金属ダイヤフラムの表面を極めて滑らかにすることで、堆積された薄膜を貫通するかまたは薄膜に不連続性を生じようなどざらざらした表面特徴を避けなければならない。最後に、生成したポリシリコン薄膜ピエゾ抵抗体の抵抗は、温度によって劇的に変わり得る。

【0005】シリコン圧力変換器セルの動作上の利益の幾つかを実現したものの、上記に説明したタイプの金属ダイヤフラム圧力センサーは、複雑な製造方法を有し、このせいで、このセンサーは大量生産用途とは両立しない。媒体と両立する高圧変換器セルであり、耐食性金属ダイヤフラムと厚膜ピエゾ抵抗体とを組み合わせたものが提案されており、これはRate11 et al.に付与された米国特許出願第08/xxx,xxx号(Attorney Docket No. H-198882)に教示されている。そのようなセンサーは超高圧を検知でき、同時に化学的に及び機械的に頑丈で、容易に製造可能で、温度変動に比較的影響を受けない。少なくとも1つの厚膜誘電体層が、金属ダイヤフラムを厚膜ピエゾ抵抗体から電氣的に絶縁するために必要である。金属ダイヤフラムと両立させるために、ダイヤフラムに直接適用される誘電体層を形成する材料は、金属ダ

ダイヤフラムに付着し、ダイヤフラムが撓む際に引き起こされる歪みに耐え、そのような歪みを厚膜ビエゾ抵抗体に忠実に伝達し、金属ダイヤフラムとビエゾ抵抗体との間の熱膨張係数(CTE)の不整合を補償しなければならない。複雑な点は、この目的に適切であると分かった誘電体材料の金属酸化物諸構成成分は、厚膜ビエゾ抵抗体中に拡散し、ビエゾ抵抗体のフリット成分中に存在する金属酸化物類と反応し、それによりビエゾ抵抗体のシート抵抗を著しく増大し、例えば、典型的に望まれる範囲である3~10キロオーム/スクエヤ( $k\Omega/\square$ )を超

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、耐食金属のダイヤフラムを含み、広く様々な腐食性媒体と両立する高圧センサーを与える歪み検知構造を提供することにある。

【0007】本発明の他の目的は、歪み検知構造が厚膜技術を用い、かつ、厚膜電気絶縁層と厚膜ビエゾ抵抗体とを含み、かつ、超高圧を検知でき、同時に化学的に及び機械的に頑丈で、容易に製造可能で大量生産技術と両立し、温度変動に比較的影響を受けないセンサーを与えることにある。

【0008】本発明の他の目的は、電気絶縁層と厚膜ビエゾ抵抗体との間のガラスフリット成分の拡散を抑止し、その結果センサーの性能を改良することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の好適な実施例によれば、以上及び他の諸目的と諸利益とは、次の通りに成し遂げられる。

【0010】本発明は、厚膜歪み検知構造を用いた、媒体と両立する高圧センサーを提供する。歪み検知構造は一般的には、金属ダイヤフラムと、ダイヤフラム上の少なくとも1つの電気絶縁層と、電気絶縁層上のインターフェース層と、該インターフェース層上にありダイヤフラムの撓みを検知するための1つ以上の厚膜ビエゾ抵抗体とを含む。広く様々な媒体と両立させるために、金属ダイヤフラムを好ましくは鋼で形成し、最も好ましくはAISIタイプ300または400シリーズのようなステンレス鋼で形成する。

【0011】インターフェース層と電気絶縁層とは、好ましくはビエゾ抵抗体に対して行うように厚膜法により形成する。金属ダイヤフラムと両立させるために、ダイヤフラムに適用される電気絶縁層を作製する際は、この電気絶縁層が金属ダイヤフラムに付着し、かつ、金属ダ

イヤフラムのCTEと整合または近いCTEを有するようになければならない。そのような電気絶縁層中に存在するフリットは、ビエゾ抵抗体のフリット成分中に存在するものと同じ金属酸化物類の多くを含んでも良く、所定の金属酸化物の相対割合は、厚膜ビエゾ抵抗体の焼成最中の相互拡散が、第3のガラス組成物を作り出しても良く、その第3のガラス組成物のビエゾ抵抗体への影響は、拡散の程度と新たに作り出されたフリットがビエゾ抵抗体の全フリット含有量を基準として呈する割合とによって決まる。この新たなフリットが、固相線及び液相線温度に関して異なる相の性質を持つのは異例なことではなく、結果として軟化点、融点、濡れ及びCTEの変化を伴う。ガラスフリットの前述の特性が、シート抵抗と、抵抗の温度係数(TCR)と、安定性と、ビエゾ抵抗率とのような厚膜抵抗体特性の主要な決定要素であることは、産業界では詳細に記録が残されている。本発明によれば、電気絶縁層のガラスフリット諸成分の混合は、拡散の結果として、ビエゾ抵抗体のシート抵抗を増大させ、かつ、その性能に否定的な影響を及ぼす。

【0012】解決法として、本発明のインターフェース層を、電気絶縁層のビエゾ抵抗体中への拡散を抑止しかつ制御するように作製する。このインターフェース層は、細かく分割し、ガラスマトリックス中に懸濁させた粒子状アルミナ( $Al_2O_3$ 、酸化アルミニウム)と粒子状酸化亜鉛( $ZnO$ )と、このガラスマトリックスはアルミナガラスセラミックを形成するもので、好ましくは、主に酸化鉛と、アルミナと、酸化ホウ素と、シリカとで構成される鉛-アルミナ-ホウケイ酸塩ガラスであることと、を特徴とする。好ましい組成物を得るために、インターフェース層を、適切な有機媒体に加えて、アルミナと、酸化亜鉛と、ガラスフリット混合物とを含む組成物から形成し、このガラスフリット混合物は好ましくは、酸化鉛( $PbO$ ; リサージ)と、ホウ酸( $H_2BO_3$ )のような酸化ホウ素( $B_2O_3$ )源と、シリカ( $SiO_2$ 、二酸化ケイ素)と、アルミナとを含む。インターフェース層はまた、チタニア( $TiO_2$ 、二酸化チタン)と、酸化第二銅( $CuO$ )と、一酸化マンガン( $MnO$ )と、酸化コバルト( $CoO$ )とのような構成成分も含んでよく、後者の3つは好ましくは単独または組み合わせで供給される。

【0013】本発明によれば、インターフェース層は、ビエゾ抵抗体を電気絶縁層から分離し、かつ、電気絶縁層の構成成分がビエゾ抵抗体中に拡散するのを抑止する。結果として、厚膜ビエゾ抵抗体のシート抵抗は、焼成の後に示す変化が最小である。重要なことには、本発明のインターフェース層は、歪みをダイヤフラムと電気絶縁層とからビエゾ抵抗体中に中継し、その際劣化を無視できることが示されている。予想外に、上記に述べた組成物を有するインターフェース層は、実際に、ビエゾ抵抗体のゲージ率を25%~40%ほども増大することも

確定している。本発明の別の予想外の利益は、金属ダイヤモンドの高CTEが抵抗対ビエゾ抵抗性センサーの温度に及ぼす有害な影響は、インターフェース層の存在により大部分相殺され、それにより、過去のセンサーには必要だった温度補償電子機器回路の必要を無くすことが分かった点である。

【0014】上記の点を考慮して、本発明は、耐食金属ダイヤモンドを厚膜技術とを組み合わせ、かつ、厚膜の相互作用を避けることにより、超高圧の例えば10,000 psi (約70 Mpa) を超過して正確な検知を可能にするような圧力センサーを提供する。本発明の他の諸目的と諸利益とは、以下の詳細な説明からより良く了解されよう。

【0015】

【発明の実施の形態】図1に示すのは、本発明による高圧センサーの圧力検知構造10である。検知構造10は、構造10に媒体により加えられた圧力にตอบสนองして撓むことができるように形成する。図1に示すように、検知構造10は、多数の層14、16、18及び20を金属ダイヤモンド12上に含む。本発明によれば、ダイヤモンド12は、金属物体に従来のスタンピング (stampi  
ng) か、機械加工か、微細加工を施して、後者は周知のエッチング技術を使用し、形成されたモノリシック金属構造の形態でよく、金属物体の残りは、ダイヤモンド12の環状支持体 (図示せず) を形成する。代わりにダイヤモンド12を、溶接等により永久に支持体に固定された個別 (discrete) 部材とすることができるとは、予測可能である。好適な実施例においては、ダイヤモンド12を鋼合金で形成し、好ましくはステンレス鋼で形成し、所定の媒体に対する適切なレベルの耐食性を実現する。様々なグレードの鋼を使用できるかもしれないが、好ましい合金は、AISIタイプ300と400シリーズ合金であり、タイプ304、316、404、430、430 S17及び444は特に適切であり、というのは下記に検討するように、金属ダイヤモンド12に接触しかつ付着する層14として適切な材料と両立するからである。しかしながら、他のステンレス鋼、並びに炭素鋼及び亜鉛メッキ鋼及び他の金属類を使用することは、本発明の範囲内にある。

【0016】検知構造10に関する層は、単一厚膜誘電体層14と、厚膜インターフェース層16と、厚膜ビエゾ抵抗体18と、接触20とである。ビエゾ抵抗体18を用いて、ダイヤモンド12の撓みを検知し、一方誘電体層14は、ビエゾ抵抗体18をダイヤモンド12から電気的に絶縁するのに必要である。接触20により、ワイヤボンディングを使用して、適切なコンディショニング回路 (conditioning circuitry) (図示せず) をビエゾ抵抗体18に電気的に相互接続することが可能になる。代わりに、回路を支持するチップを、周知のフリップチップ取り付け方法により接触20に接続できる。単

一のビエゾ抵抗体18を示しているが、任意の数のビエゾ抵抗体を、例えばホイートストンブリッジを使用して検知構造10の出力を処理する目的で使用できることは理解できよう。

【0017】本発明の好ましい態様は、誘電体層14と、インターフェース層16と、ビエゾ抵抗体18と、接触20とを各々厚膜法により形成するというものであるが、積層テープを使用できるかもしれないことは予想可能である。厚膜としては、各々は厚さが約25  $\mu\text{m}$  (約1ミル) 以上であり、印刷技術または同様の方法を使用して、適切なペーストまたはインクを堆積することにより形成する。その結果として、誘電体層14及びインターフェース層16と、ビエゾ抵抗体18と、接触20とは薄膜構造と区別される。ビエゾ抵抗体18はまた、単結晶圧力セルと共に用いる注入し拡散したビエゾ抵抗体と区別される。本発明によれば、ビエゾ抵抗体18と接触20とに適切なインクは、従来技術において周知である。例えば、ビエゾ抵抗体18として適切であると分かった市販の抵抗性インクは、ESL 3414Bという名前でElectro-Science Laboratories, Inc.から入手可能であり、一方接触20として適切な導体インクとしては、銀-パラジウム及び金組成物が挙げられ、各々7484及び5760と確認され、E.I. DuPont de Nemours and Company, Inc., Wilmington, Delawareから市販されている。インク堆積のための厚膜印刷方法とそのようなインクの焼成に必要な熱処理とは、一般に従来技術において周知である。

【0018】ビエゾ抵抗体18として適切な抵抗性材料は、一般に、シート抵抗約3~10キロオーム/スクエヤを有する。ESL 3414B組成物は、この範囲内の厚膜ビエゾ抵抗体を生じ、これはゲージ率 (抵抗の変化 ( $\Delta R$ ) 対歪み ( $\Delta L/L$ ) の比) が約15~20を示す。しかしながら、厚膜抵抗性材料の電気抵抗は温度によって変わることは周知であり、厳しい環境にさらされると永久に変更され得る。温度に対する厚膜抵抗体の感度は、抵抗の温度係数 (TCR) により示され、これは $^{\circ}\text{C}$ につき百万分の一 (ppm/ $^{\circ}\text{C}$ ) の単位で測定される。厚膜ビエゾ抵抗体は、典型的には、温度範囲-55 $^{\circ}\text{C}$ と125 $^{\circ}\text{C}$ の端から端まで測定した際に、約 $\pm 200$ ~約 $\pm 100$  ppm/ $^{\circ}\text{C}$ の範囲のTCRを有するように校正でき、この温度範囲は、産業界が厚膜抵抗体の電気的特性を評価するために使用する標準的な温度限界 (temperature extremes) である。

【0019】周知の技術的原則によれば、ダイヤモンド12の直径と厚さとを、相対的に寸法を決めることにより、ダイヤモンド12が媒体の圧力変化にตอบสนองするのに十分に可撓性となることを確実にする。金属ダイヤモンド12の可撓性は、特に厚膜誘電体層14に厳しい要求をする。特に、金属ダイヤモンド12と両立するために、誘電体層14を形成する材料は、ダイヤモンド12



11

と付着し、かつ、金属ダイヤフラム12と厚膜ピエゾ抵抗体18との間の大きなCTE不整合を補償するものでなければならない。加えて誘電体層14は、ダイヤフラム12が撓む際に引き起こされる歪みに耐え、しかもなお、そのような歪みを厚膜ピエゾ抵抗体18に忠実に伝達しなければならない。従来技術の圧力センサーに用いられている薄膜を使用した場合には、そのような問題に一般に直面することはない。本発明は、少なくとも1つの誘電体層14を使用することでこうした要件を満たし、この誘電体層14は好ましくは1つ以上の結合剤類と金属酸化物類の混合物とを含み、これらは、誘電体層14用のインクを焼成すると、ダイヤフラム12のものとはほぼ等しい熱膨張係数(CTE)を与える。適切な結合剤類は、ダイヤフラム12の材料に対して非腐食性のものである。他の可能な材料で、金属酸化物類の代わりに用いることができるかもしれないものとしては、ポーセレン(porcelain)、石英、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{SiC}$ 等が挙げられる。誘電体層14として特に適切なインク組成物類としては、Electro-Scienceから市販されているESL D-4914とESL D-4913Bと、DuPont製のQM44とが挙げられる。代わりに誘電体層14を、誘電体テープ、例えばElectro-Science製のESL D-41030-25C及びDuPont製のHD-3を用いて形成できる。こうした誘電体材料は、発熱要素のような静的用途のために開発されたが、意外にも、本発明の曲がる金属ダイヤフラム12のような動的用途にとって適切な機械的性質を示すことが分かった。

【0020】重要な点は、鋼検知ダイヤフラムと両立するために決定された厚膜誘電体材料は、誘電体インクの焼成の最中にピエゾ抵抗体18中に拡散する傾向がある金属酸化物類で構成されるガラスフリットを含むということである。本発明によれば、インターフェース層16は、金属酸化物類が誘電体層14のフリット成分からピエゾ抵抗体18中に拡散するのを抑止し、同時にまた、誘電体層14とピエゾ抵抗体18とのための材料と両立する。この機能を提供するために決定されたインターフェース層16のための組成物は、細かく分割し、アルミナガラスセラミックを形成するガラスマトリックス中に懸濁させた粒子状アルミナ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、酸化アルミニウム)と粒子状酸化亜鉛( $\text{ZnO}$ )とを含む。ガラスは好ましくは、主に酸化鉛と、アルミナと、酸化ホウ素と、シリカとで構成される鉛-アルミナーホウケイ酸塩ガラスである。好ましい組成を有するインターフェース層16を、適切な有機媒体に加えて、アルミナと、酸化亜鉛と、ガラスフリット混合物とを含む誘電体インク組成物から形成し、このガラスフリット混合物は好ましくは、酸化鉛( $\text{PbO}$ 、リサーチ)と、ホウ酸( $\text{H}_3\text{BO}_3$ )のような酸化ホウ素( $\text{B}_2\text{O}_3$ )源と、シリカ( $\text{SiO}_2$ 、二酸化ケイ素)と、アルミナとを含む。追加のガラス構

12

成成分は、好ましくは、チタニア( $\text{TiO}_2$ 、二酸化チタン)と、酸化第二銅( $\text{CuO}$ )と、炭酸マンガン( $\text{MnCO}_3$ )から得られる一酸化マンガン( $\text{MnO}$ )と、炭酸コバルト( $\text{CoCO}_3$ )から得られる酸化コバルト( $\text{CoO}$ )とを含み、後者の3つは単独でまたは組み合わせて供給されるもので、この構成成分をガラスに導入すると、これはアルミナガラスセラミックの熱膨張の微調整(fine tuning control)として働く及び/またはそれに色を加える。乾燥構成成分にとって好ましい粒度は、約230メッシュ(約 $64\mu\text{m}$ )〜約325メッシュ(約 $45\mu\text{m}$ )であるが、より大きい及びより小さい粒子を使用することは予測可能である。

【0021】インターフェース層16のインク組成物の構成成分に適切な範囲は、重量%単位で、約15%〜約35%のアルミナ、約3%〜約6%の酸化亜鉛、約34%〜約53%のガラスフリット材料、残余は有機媒体である。特に、十分な粒子アルミナをインターフェース層16中に存在させ、アルミナ基板材料のものと同様の物理的性質を実現する。ガラスフリット材料の個々の構成成分に適切な範囲は、重量%単位で、約50%〜約74%の酸化鉛、酸化ホウ素源として約10%〜約25%のホウ酸、約8%〜約26%のシリカ、最高約12%までのアルミナ、最高約3%までのチタニア、最高8%までの、酸化第二銅、一酸化マンガン源として炭酸マンガン、及び/または酸化コバルト源として炭酸コバルトである。最後の3つの構成成分のより特定の範囲は、重量%単位で、約0.5%〜約3.0%の酸化第二銅、約0.5%〜約4.0%の炭酸マンガン、約3.5%〜約4%の炭酸コバルトである。適切な有機媒体は、テルビネオール/エチルセルロース溶液であるが、ブチルカルビトールアセテート/アクリル樹脂のような他のビヒクルを使用することもできる。

【0022】本発明へと導いた調査の最中に、3つのガラスフリット混合物の1つ以上を含む幾つかのインク組成物が、インターフェース層16に有効であることが示された。生成するインターフェース層16に関して所望のCTEをより選択的に与えるかもしれない、より制御された評価を提供するために、様々なガラスフリット混合物を使用した。重要なことには、諸構成成分の相対的な量を選択的に変えることで、シート抵抗( $R_s$ )と、歪み及び/または圧力に対する感度(ゲイン)と、温度に対する抵抗とゲイン(ゲージ率)の応答(各々TCR及びTCGF)との値と方向、正または負、とを駆動できることが示された。インク組成物とガラスフリット混合物を、各々下記の表1と2に要約する。各々の場合に、有機媒体はテルビネオール/エチルセルロース溶液だった。

【0023】

【表1】

表1

## インク組成物 (重量%単位)

	インク #1	インク #2	インク #3	インク #4	インク #5	インク #6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	32.9	31.0	34.9	30.0	15.0	30.0
ZnO	3.4	4.0	5.8	5.0	5.0	5.0
フリット#1	36.3	19.0	17.3	19.0	26.5	—
フリット#2	—	19.0	17.3	19.0	26.5	—
フリット#3	—	—	—	—	38.0	—
媒体	27.4	27.0	24.7	27.0	27.0	27.0

【0024】

\* \* 【表2】

表II

## フリット混合物 (重量%単位)

	フリット#1	フリット#2	フリット#3
PbO	53.3	53.3	52.8
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	15.1	15.1	15.0
SiO <sub>2</sub>	19.4	19.4	19.2
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	8.2	8.2	8.1
TiO <sub>2</sub>	1.0	1.0	0.5
CuO	3.0	—	0.5
CoCO <sub>3</sub>	—	3.0	—
MnCO <sub>3</sub>	—	—	4.0

【0025】インターフェース層16に関して上記インク組成物とガラスフリット混合物とを用いて実行した調査には、アルミナと鋼基板と圧力センサーダイヤフラムとに関して実行した比較試験を含んでおり、これを大まかに下記に要約する。

## 【0026】実験例1

試験基板を、96%純アルミナとAISIタイプ300ステンレス鋼であって、それぞれ厚さ約0.035インチ(約0.9mm)と約0.020インチ(約0.5mm)とを有するもの、で形成した。ステンレス鋼標本作製するためには、まずその表面をサンドブラストし、次にベルト炉(belt furnace)をピーク温度約850℃〜約950℃で2回通過させて酸化した。酸化に続いて、鋼標本を洗浄して汚染と油性残留物を除去した。

【0027】ステンレス鋼基板を、2層のESL D-4914誘電体インクと1層のESL D-4913B誘電体インクを用いて印刷し焼成し、図1の層14に対応する絶縁誘電体層を形成した。各々の層を、1.4ミル(約36μm)直径のワイヤと0.9ミル(約23μm)エマルジョン厚さを持つ230メッシュスクリーンを用いて印刷した。焼成のために、基板を2つの群に分割した。1つの群は従来の炉中で焼成し、これはピーク温度約850℃、ピーク温度またはその近くの温度での持続時間約10分を有した。入ってから出るまでの全サイクル時間は約45分だった。第2の群は赤外(I

R)炉中で迅速焼成し、これはピーク温度約915℃、ピーク温度またはその近くの温度での持続時間約3分を有した。入ってから出るまでの全サイクル時間は、第2の群の場合約15分だった。

30 【0028】インク#1組成物のインターフェース層16を次に、誘電体層14と同じ条件下で、鋼基板の各々の上の誘電体層14上一面に印刷し焼成した。次に接触20を形成するために、アルミナ基板上と鋼基板のインターフェース層16上とに、約0.9ミル(約23μm)直径のワイヤと約0.5ミル(約13μm)エマルジョン厚さを持つ325メッシュスクリーンを用いてDuPont 7484インク組成物を印刷した。インクを乾燥させて焼成し、アルミナ基板を、鋼基板で行ったように2つの群に分割し、各々のタイプの基板の第1の群は従来のオープンを使用して約850℃で焼成し、第2の群はIR炉中で約915℃で焼成した。その後、厚膜ピエゾ抵抗体18の各対を互いに交差させて配向(transversely orient)したものを、各標本上に形成するために、接触20に対して行ったのと同じ方法で、ESL 3414Bピエゾ抵抗体インクを印刷、乾燥及び焼成した。

【0029】生成した厚膜ピエゾ抵抗体18を次に、シート抵抗と、TCRと、抵抗変化対歪み(すなわち、ゲージ率)とに関して評価した。シート抵抗(R<sub>s</sub>)をオーム/□単位で、及び約-40℃(「CTCR」)と約



+125℃(「HTCR」)のTCRをppm/℃単位  
で、各群に関して下記の表3に要約する。

\*【0030】

\*【表3】

表III

基板	焼成	Rs	CTCR	HTCR
アルミナ	850℃	3.5K	124	146
アルミナ	915℃	2.6K	162	177
ステンレス鋼	850℃	3.3K	328	456
ステンレス鋼	915℃	3.1K	349	464

【0031】データが示すように、ステンレス鋼基板に  
関して得られたシート抵抗値は、アルミナ基板に関して  
得られたものと近く、これは本発明の目的である。アル  
ミナと鋼基板と間のTCR値の相違は、アルミナ(CT  
E範囲約6.54ppm/℃を有する)とステンレス鋼  
(CTE範囲約10ppm/℃~約18ppm/℃を有し、鋼  
のタイプによって決まる)との間のCTEの大きな相違  
で説明される。

【0032】抵抗対歪みデータを得るために、基板を撓  
ませて、その間、対向した長手方向各端部で支持してお  
き、その際曲げられている最中の基板の配向に対して、  
各組のピエゾ抵抗体の1つは「縦方向に(longitudina  
l)」配向するとみなされ、かつ、残りのピエゾ抵抗体 ※

10※は「横方向に(transversal)」配向するとみなされる  
ようにした。この試験から得られた歪みデータを図2に  
要約し、これは、所定温度で同等の歪みの下で、ステン  
レス鋼に関する抵抗変化はアルミナに関するものと本質  
的に同じであることを示し、これは本発明の別の目的で  
ある。

## 【0033】実験例2

誘電体及びインターフェース層を、上記に言及したのと  
同じスクリーンパラメータを使用して、4つの群のステ  
ンレス鋼基板に関して次の通り印刷し焼成した。

## 【0034】

【表4】

表IV

群	誘電体配列順序	インターフェース
A	(1) 層のESL D-4914 + (1) 層のESL D-4913B	インク#1
B	(1) 層のESL D-4914 + (1) 層のESL D-4913B	インク#2
C	(2) 層のESL D-4914 + (1) 層のESL D-4913B	インク#1
D	(2) 層のESL D-4914 + (1) 層のESL D-4913B	インク#2

【0035】各々誘電体層の印刷の間に、基板をIR炉  
中で焼成し、これは実験例1のように、ピーク温度約9  
15℃、ピーク温度での持続時間約3分だった。各群の  
基板を次に、DuPont 7484導電性インクとE  
SL 3414Bピエゾ抵抗性インクとを用いて印刷し  
焼成して、各々接触とピエゾ抵抗体とを形成した。焼成  
をIR炉中で約3分間実行し、ピーク温度895℃また

は915℃、ピーク温度での持続時間約3分だった。ピ  
エゾ抵抗性インクのスクリーニングは、下記の表5に従  
って、様々な厚さの厚膜ピエゾ抵抗体を実現するような  
方法で行った。

## 【0036】

40【表5】

表V

群	ビエゾ抵抗体の印刷条件	焼成
A1	230メッシュ/1.4ミルワイヤ/0.9ミルエマルジョン	895℃
B1	230メッシュ/1.4ミルワイヤ/0.9ミルエマルジョン	915℃
A2	325メッシュ/1.1ミルワイヤ/0.4ミルエマルジョン	915℃
B2	325メッシュ/1.1ミルワイヤ/0.4ミルエマルジョン	895℃
C1	230メッシュ/1.4ミルワイヤ/0.9ミルエマルジョン	915℃
D1	230メッシュ/1.4ミルワイヤ/0.9ミルエマルジョン	895℃
C2	325メッシュ/1.1ミルワイヤ/0.4ミルエマルジョン	895℃
D2	325メッシュ/1.1ミルワイヤ/0.4ミルエマルジョン	915℃

【0037】焼成に続いて、厚膜ビエゾ抵抗体を、シート抵抗と、TCRと、ゲージ率とに関して、実験例1の抵抗対歪み試験方法を使用して評価した。試験データを統計的に分析して、シート抵抗と、TCRと、ゲージ率とに対して、印刷厚さと、焼成と、インターフェース組成物と、誘電体組成物と配列順序とが及ぼす影響を確定した。結果は予想外に、シート抵抗と、TCRと、ゲージ率とは、圧倒的にインターフェース層組成物により決定されることが示された。図3と4とに示すのは、インク#1またはインク#2によって誘電体層から分離されたビエゾ抵抗体に関する平均シート抵抗とゲージ率対インターフェース層厚さであり、一方、図5は、抵抗対ベースラインアルミナ基板の温度及びステンレス鋼基板の温度を示し、ベースラインアルミナ基板は、同じ条件下で同じビエゾ抵抗体インクを用いて印刷され、及び、ステンレス鋼基板は、様々な試験厚さでのインク#1または#2によって誘電体層から分離されたビエゾ抵抗体を用いた。

【0038】予想外にも、図4によれば、インターフェース層の組成物が実際にビエゾ抵抗体のゲージ率をESL 3414B材料に関して典型的な初期値15~20から約21~25へと増大させ、ビエゾ抵抗体の厚さに依存する25%の最小増加を示した。また予想外なのは、インク#2を用いて形成したインターフェース層は、図5に示すように、抵抗対温度に関して、ステンレス鋼のより高いCTEの影響を相殺できる点だった。

#### 【0039】実験例3

次に、実際の圧力検知セルに関して、誘電体層のためのインクとしてESLD-4914とQM44とを使用して試験を実行した。検知セルはAISIタイプ304Lステンレス鋼で形成された約8ミル(約0.2mm)厚さのダイヤフラムを有するもので、印刷用に作製するため

に、ビードブラスト (bead blasting) してから、ベルト炉中で焼成して酸化し、これはピーク温度約915℃、ピーク温度での持続時間約10分を有した。ダイヤフラムの半分を、230メッシュスクリーンを使用して2層のQM44を用いて印刷し、一方、残りのダイヤフラムを、230メッシュスクリーンを使用して2層のESLD-4914を用いて印刷した。各印刷の間に、ダイヤフラムを約150℃で約10~15分間乾燥し、次にベルト炉中で焼成し、これはピーク温度約850℃、ピーク温度での持続時間約10分を有した。各誘電体層の乾燥済みの厚さは約1.5ミル(約38μm)であり、全焼成済み厚さ約1.5ミルを生じた。

【0040】ESLD-4914とQM44とを用いて印刷したダイヤフラムを次に各々4つの群に分割し、各群のダイヤフラムを、230メッシュスクリーンを使用して、インク#2~#5のうちの1つの単一層を用いて印刷し、乾燥済みの厚さ約1.5ミルを実現した。乾燥と焼成を、誘電体層の場合と同じ方法で実行した。焼成した基板に、DuPont 5760及び7484厚膜導電性インクを用いて印刷して、検知セル用の適切な回路を形成し、次に、乾燥、焼成し、これは誘電体層と同じ条件下であった。次にESL 3414Bビエゾ抵抗性インクを、325スクリーンメッシュを使用してインターフェース層上に印刷して、乾燥後に約1.0ミル(約25μm)の厚さを生じた。乾燥及び焼成の条件は、再び、誘電体層のものと同じだった。

【0041】生成した圧力検知セルを次に、抵抗に関して評価した。各群に関して平均シート抵抗は次の通りだった。

【0042】

【表6】

表VI

誘電体	インターフェース	シート抵抗
ESL D-4914	インク#2	6.1 k $\Omega$ /□
ESL D-4914	インク#3	3.2
ESL D-4914	インク#4	5.8
ESL D-4914	インク#5	2.7
QM44	インク#2	6.0
QM44	インク#3	2.7
QM44	インク#4	9.3
QM44	インク#5	7.9

【0043】次に検知セルを、標準的实施方法を使用して、圧力センサーに組み立て（増幅と温度補償回路は無い）、それから圧力と温度試験を受けさせた。圧力はゼロから最高約1029 kPaまでの範囲にわたり、温度行程（temperature excursions）は約25℃～-40℃と、約-40℃～25℃と、約25℃～125℃とだった。1029 kPaでの正規化圧力センサー出力（「出力」）と、低温及び高温温度限界でのゲイン（ゲージ率）の温度への応答（各々「CTCGF」及び「HTCGF」）とに関して得られたデータを、重回帰を使用して統計的に分析した。1.0に非常に近いR<sup>2</sup>値が、以下の回帰予測方程式（regression predictive equation）の各々に関して得られた。

【0044】ESL D-4914誘電体層の場合

式(1) 出力=0.45X<sub>1</sub>-0.025X<sub>2</sub>+0.0132X<sub>3</sub>+0.8X<sub>4</sub>-1.909

式(2) CTCGF=716.5X<sub>1</sub>-701.5X<sub>2</sub>+173.2X<sub>3</sub>+1272X<sub>4</sub>-52582.3

式(3) HTCGF=3715X<sub>1</sub>-3225X<sub>2</sub>+923X<sub>3</sub>+6779X<sub>4</sub>-273949

\*式中：X<sub>1</sub>=重量%アルミナ

X<sub>2</sub>=重量%ジルコニア

X<sub>3</sub>=重量%フリット#1

X<sub>4</sub>=重量%フリット#2

【0045】QM44誘電体層の場合

式(4) 出力=0.111X<sub>1</sub>-0.111X<sub>2</sub>+0.039X<sub>3</sub>+0.197X<sub>4</sub>-9.64

20 式(5) CTCGF=2741X<sub>1</sub>-4613X<sub>2</sub>+726X<sub>3</sub>+4833X<sub>4</sub>-165263

式(6) HTCGF=31554X<sub>1</sub>-58646X<sub>2</sub>+7667X<sub>3</sub>+55390X<sub>4</sub>-1852071

式中：X<sub>1</sub>=重量%アルミナ

X<sub>2</sub>=重量%ジルコニア

X<sub>3</sub>=重量%フリット#1

X<sub>4</sub>=重量%フリット#2

ESL D-4914及びQM44誘電体層を用いた検知セルに関するデータを、それぞれ表7と表8に要約する。

【0046】

【表7】

表VII

ESL D-4914誘電体層及び

インターフェース層として：

インク#2 インク#3 インク#4 インク#5

正規化出力

実際 1.15 1.12 1.08 1.11

予測 1.16 1.13 1.09 1.11

CTCGF (ppm/℃)

実際 -108 1492 -123 -31

予測 -108 1494 -121 -30

HTCGF (ppm/℃)

実際 450 7650 -40 2000

予測 453 7663 -37 2003

【0047】

【表8】

表VIII

QM44誘電体層及び

インターフェース層として:

インク#2 インク#3 インク#4 インク#5

正規化出力

実際	1.27	1.04	1.27	1.16
予測	1.27	1.04	1.27	1.17

CTCGF (ppm/°C)

実際	6892	-169	-462	108
予測	6876	-188	-478	100

HTCGF (ppm/°C)

実際	89590	-110	-610	-990
予測	89594	-105	-606	-988

【0048】表7と表8に示す、出力とTCGFとに関する予測データが実際データに近いことは、インターフェース組成物類と出力及びTCGFの大きさ及び方向との間の確固とした関係を証明する。出力への影響は、図6を検討することでより良く了解でき、この図は、インターフェース層組成物が出力線の0~1029kPaでの傾きを決定することを証明する。傾きが大きいほど、正規化出力とゲージ率とは大きくなる。

【0049】表7と表8から明白なのは、関係は絶縁体毎に異なることで、これは予期できるかもしれない、というのは、異なる売り主から得られた絶縁体組成物はその組成が変わる傾向があるからである。しかしながら、受け入れられる出力と約±170ppm/°Cの範囲内のTCGF値とを与える少なくとも1つのインターフェース組成物を、試験した絶縁体誘電組成物の各々に関して決定し、これは図7に示すように、ESL D-4914誘電体層に関してはインク#4及びQM44誘電体層に関してはインク#3である。

【0050】TCGF(ゲージ率の温度係数)値約±175ppm/°Cの範囲内を持つ圧力センサーは、温度の結果としてゲインの変動約±1%を示し、これを図8に示す。この範囲内では、圧力センサーは温度補償電子機器回路をほとんど必要としないかまたは必要としない、というのはゲインの損失が原因で生じる感知可能な誤差がほとんどないからで、従って製造にはよりコストがかからない。従って本発明が、本発明のインターフェース組成物類の使用によって達成する、銅基板と厚膜ビエソ抵抗体との間のCTE不整合の補償は、温度補償回路を使用した従来技術の取り組み方を用いて達成され得るものと同等である。従って、低TCGFを有するように作製された場合、本発明のインターフェース組成物類は圧力検知用途において、費用効果性と信頼性との両方を好都合に実現し、しかもどんな補償も必要としない。

#### 【0051】実験例4

さらに、304Lと430 S17のステンレス鋼ダイ

ヤフラムを使用して、実験を実行した。上記の実験例3におけるように、304Lダイヤフラムの厚さは約8ミル(約0.2mm)、一方430 S17ダイヤフラムの厚さは約6ミル(約0.15mm)だった。この実験の場合、ダイヤフラムには、厚膜材料を用いて印刷する前に、酸化も表面処理もしなかった。この実験のための絶縁体層はESL D-4914であり、そしてインターフェース組成物はインク#4とインク#6だった。印刷と焼成の方法の残りは、実験例3の場合と同じだった。検知セルを、標準的实施方法を使用して、圧力センサーに組み立て(増幅と温度補償回路は無い)、それから圧力と温度試験を受けさせた。圧力はゼロ~約1200kPaまでの範囲にわたり、温度行程は約25°C~約-40°Cと、約-40°C~約25°Cと、約25°C~約150°Cとだった。得られた温度関連データを、図9に要約し、これは、温度に対するゲインの変動は、全ての鋼とインターフェース材料との組み合わせに関して約±1%以内だったことを示す。圧力にตอบสนองした正規化出力に関して得られたデータを、同じ鋼とインターフェースとの組み合わせに関して図10に示す。明白なより高い出力すなわちゲインが430ステンレス鋼セルに関して示されているが、これはそのダイヤフラムがより薄いためと考えられる。4つの組み合わせの各々から得られた代表的なセルに、約0~300psiで180万サイクル、圧力サイクルをかけた。サイクルが完了した後、セルを、25°Cで圧力約0~1200kPaにわたって出力と直線性に関して調べた。これに続いて、セルを-40°Cにさらして次に25°Cに戻し、これに関して出力と直線性とを再度0~1200kPaの圧力範囲にわたって測定した。各ステンレス鋼に関して、典型的な出力と、直線性と、ヒステリシスデータとを、図11と12に示す。180万回のゼロ~300psiの圧力サイクルを含む厳しい試験シーケンスの後、非常に低いヒステリシスを伴う明白な高い程度の直線性が示され、これは、ダイヤフラムが圧力により撓む際に引き起こす歪みを厚膜ビエソ抵抗体

に忠実に伝達するための誘電体層の頑丈さを証明した。

【0052】本発明を、好適な実施例に関して説明したが、他の形態も当業者であれば採用することができる。例えば当業者であれば、様々な電気絶縁組成物類を使用して、上記に言及した合金類と異なることができるダイヤモンド12の材料のCTEとほぼ整合するように、1つ以上の誘電体層14を形成することができることを理解するだろう。その上、積層テープを、上記に説明したインクと印刷の方法の代わりに用いることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明によるインターフェース層を含む圧力検知構造の断面図である。

【図2】図1の圧力検知構造の、抵抗変化対歪みを示すグラフである。

【図3】抵抗対様々な組成のインターフェース層の厚さを示すグラフである。

【図4】ゲージ率対様々な組成のインターフェース層の厚さを示すグラフである。

【図5】抵抗対様々な厚さと組成を持つインターフェース層の温度を示すグラフである。

【図6】正規化センサー出力対圧力センサーダイヤモンドに加えた圧力を示すグラフであり、このダイヤモンドは304Lステンレス鋼から形成され、絶縁層組成物ESL D-4914とQM44とを含み、各々様々なインターフェース層を組み合わせたものである。

【図7】正規化センサー出力対圧力センサーダイヤモンドに加えた圧力を示すグラフであり、このダイヤモンドは304Lステンレス鋼から形成され、インターフェース層を含み、絶縁層組成物ESL D-4914とQM44との場合にTCGF値約 $\pm 170 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以内を与える。

【図8】圧力センサーダイヤモンドの温度への正規化ゲインの依存関係を示すグラフであり、このダイヤモンド\*

\*は304Lステンレス鋼から形成され、インターフェース層を含み、絶縁層組成物ESL D-4914とQM44との場合にTCGF値約 $\pm 170 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以内を与える。

【図9】圧力センサーダイヤモンドの温度への正規化ゲインの依存関係を示すグラフであり、このダイヤモンドは304Lと430 S17ステンレス鋼から形成され、インターフェース層を含み、絶縁層組成物ESL D-4914の場合にTCGF値約 $\pm 170 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以内を与える。

【図10】正規化センサー出力対圧力センサーダイヤモンドに加えた圧力を示すグラフであり、このダイヤモンドは304Lと430 S17ステンレス鋼から形成され、インターフェース層を含み、絶縁層組成物ESL D-4914の場合にTCGF値約 $\pm 170 \text{ ppm}/^\circ\text{C}$ 以内を与える。

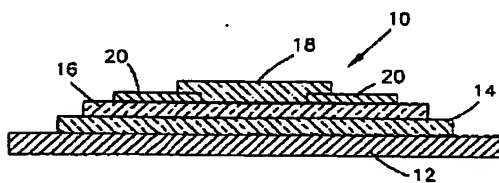
【図11】圧力センサーダイヤモンドに対する180万回の圧力サイクル後の正規化出力電圧のヒステリシスを示すグラフであり、このダイヤモンドは304Lステンレス鋼から形成され、絶縁層ESL D-4914とインターフェース層インク#6とを含む。

【図12】圧力センサーダイヤモンドに対する180万回の圧力サイクル後の正規化出力電圧のヒステリシスを示すグラフであり、このダイヤモンドは430 S17ステンレス鋼から形成され、絶縁層ESL D-4914とインターフェース層インク#4とを含む。

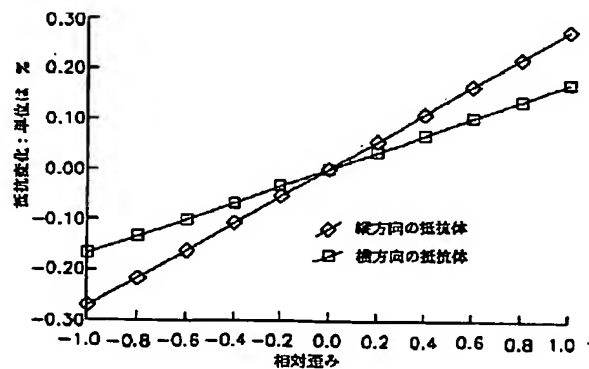
【符号の説明】

- 10 検知構造
- 12 金属ダイヤモンド
- 14 誘電体層
- 16 インターフェース層
- 18 ピエゾ抵抗体
- 20 接触

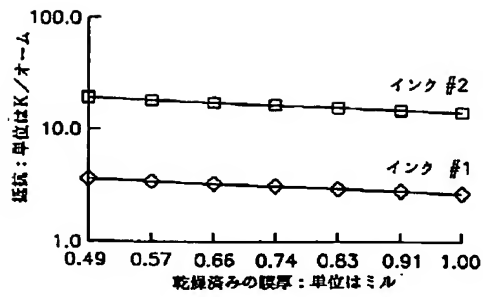
【図1】



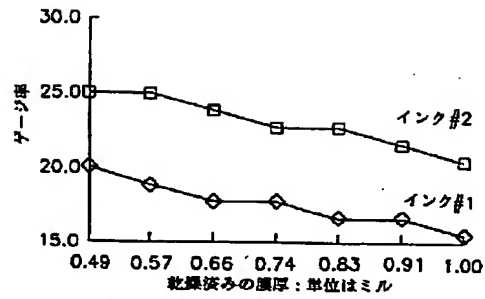
【図2】



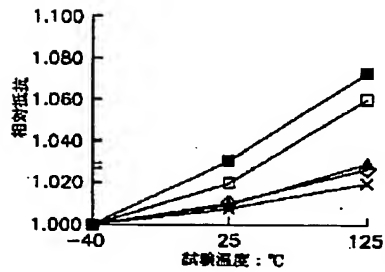
【図3】



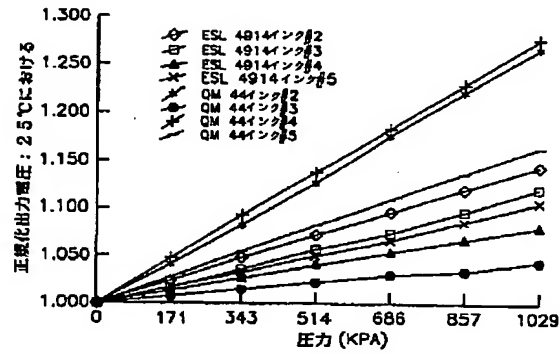
【図4】



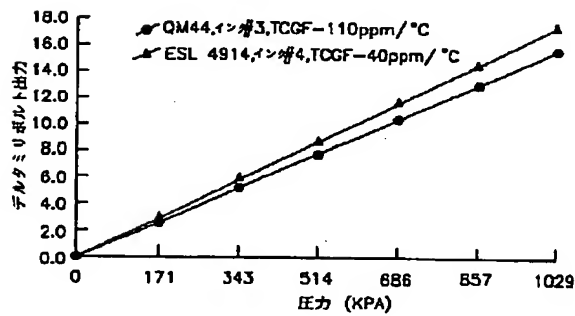
【図5】



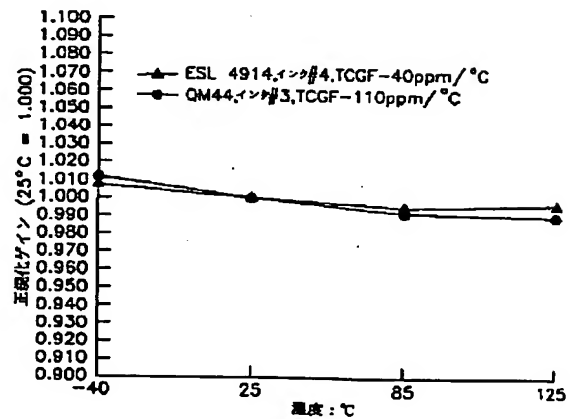
【図6】



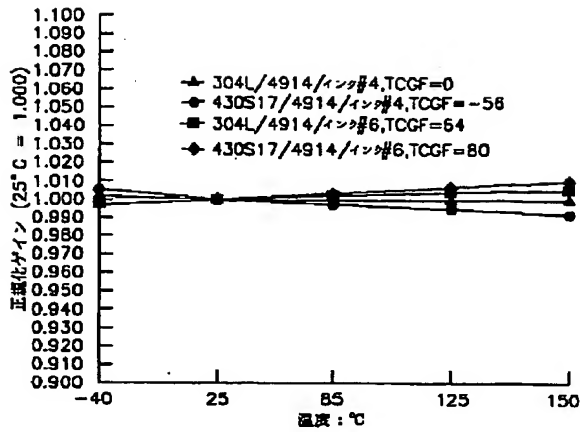
【図7】



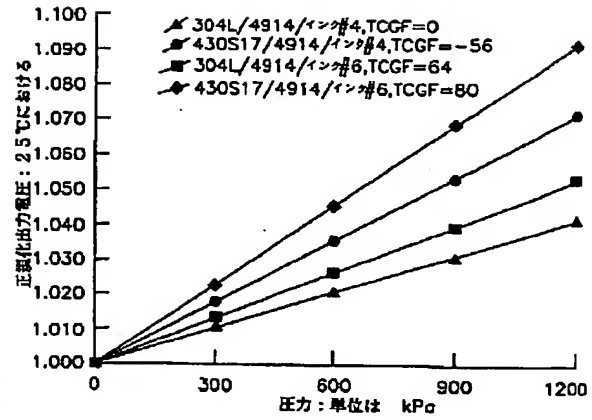
【図8】



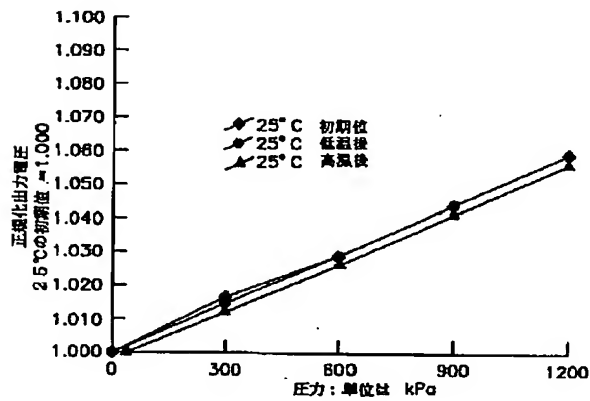
【図9】



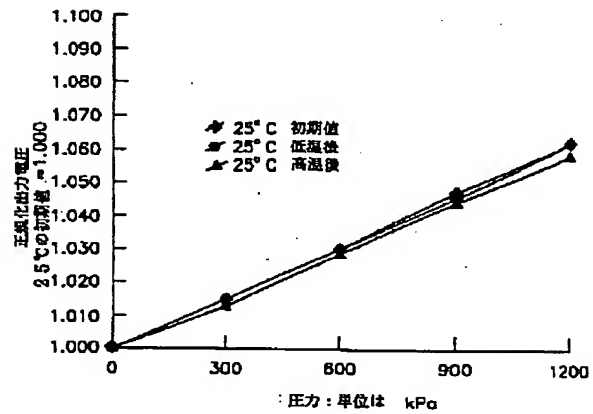
【図10】



【図11】



【図12】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開 平6-350218 (J P, A)  
 特開 平5-74602 (J P, A)  
 特開 平6-188470 (J P, A)  
 特開 平9-298324 (J P, A)

(58)調査した分野(Int.Cl.<sup>7</sup>, D B名)  
 G01L 9/06  
 H01L 41/08